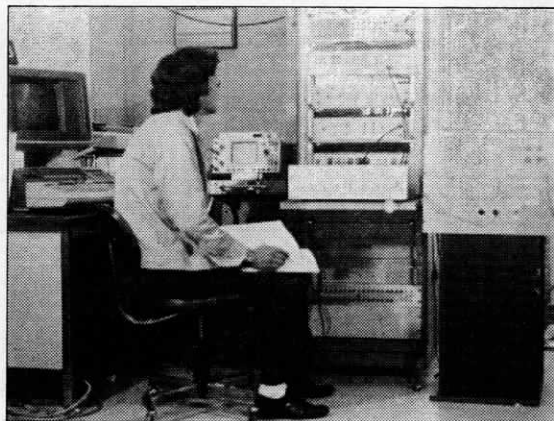
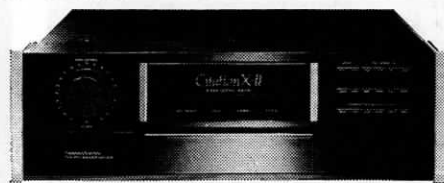
サイテーション・アンプがめざす理想アンプとは…

アンプの測定方法を考え直してみよう

マッティ・オタラ

関谷　守（ハーマンカードンジャパン）

位相ズレで出力が減る

純抵抗を負荷としてパワー・アンプを測定するかぎり，どのアンプも優秀なデータを示しますが，現実のスピーカに接続してリスニングを行ってみると，中にはかなりのひずみを示すものが出て来ることがあります．こういう点までをも配慮した上でアンプの品質を評価できる測定方法としては，現在一般的に受け入れられているものはありません．

今回の実験には，インピーダンス変化2Ω～8Ω，電気的位相特性±60°という複合負荷を用いて，５機種の新型アンプをテストしました．アンプの出力は，負荷のセッティングの各位置において１kHz の高調波ひずみが１％になるまで上げて測定を行いました．その結果を３次元図解に表わしますと，現実のスピーカではごくふつうに起きるインピーダンスの変動に対して，ひずみがそれほど増加せずに対応できるアンプが少ないことが分かります．また，負荷の位相が20°～30°ずれただけでも出力が定格値の何分の１にも低下してしまうアンプもいくつか見られました．

なぜ純抵抗で測るのだろう

アンプの性能テストを８Ωの純抵抗負荷に対してのみ行うというのが一般的な慣習となってしまったのは，それが一番楽な方法だったからなのでしょう．抵抗は入手するのも扱うのも簡単ですが，実際のスピーカのインピーダンスに近い精密な負荷となると，コイルやコンデンサでかさばる上，特注品となってしまいます．その上，抵抗値とリアクタンスを変えたいくつもの組合せで測定をくり返さなければならないという，面倒で時間のかかる作業も要求されるのです．公表するデータを純抵抗で測定したものだけに留めておけば，アンプの設計に妥協を加えることも可能ですし，負荷に対応する能力は低くても見かけ上のデータに表われる数字は良くなりますので，平均的なアンプがスペックで見るかぎり上級機を凌駕することもありうるのです．

このことは，技術指向のマニアと音楽指向のマニアとの間に不必要な論争を引き起こしたようです．技術指向の人々にとっては次のようなリスニング・テストのコメントはナンセンスとしか思えないということになります．

○Dのスピーカは Aのアンプではドライブできない．

○Dのスピーカには，Aのアンプの方がBのアンプよりもパワー感が落ちる．

○アンプAはスペック上は非の打ち所がないはずだが，今回のテストでは妙にひずんで（または，不透明に，濁って，色づけされて）聴こえた．

また，マニアの間で良く語られる経験上の物差しも同じような考え方に基づいており，一見技術的な逆説を含んでいます．たとえば，

○アンプの定格出力が４Ω負荷で示されていて初めて８Ωのスピーカが使用できる．

○負荷インピーダンスが２分の１になったら，アンプの定格出力は２倍になるべきで，これを少なくとも２Ωまで保証していればそのアンプは大丈夫である．

ところが，ここに紹介したような聴感上の差を引き起こす原因や，いわゆる経験上の物差しが実は的確な指針であることの技術的な裏け付けがいくつか存在するのです．

○多量のＮＦＢを使用したアンプでは，スピーカを接続した時スピーカのリアクティブな特性のためＩＭが余分なひずみを引き起こす．

○ドライブの難しいスピーカで動的な音楽信号の再生を行うと，８Ωの純抵抗に比べ瞬間的に要求され

る電流は最高6倍にも達する．大部分のアンプはこのような瞬時の大電流供給の能力が不十分．

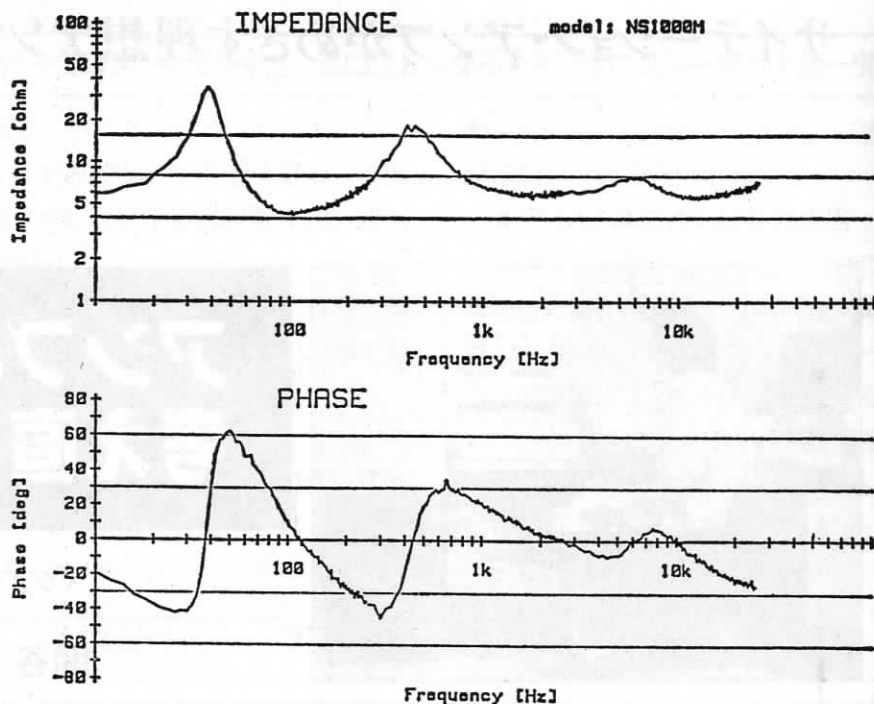
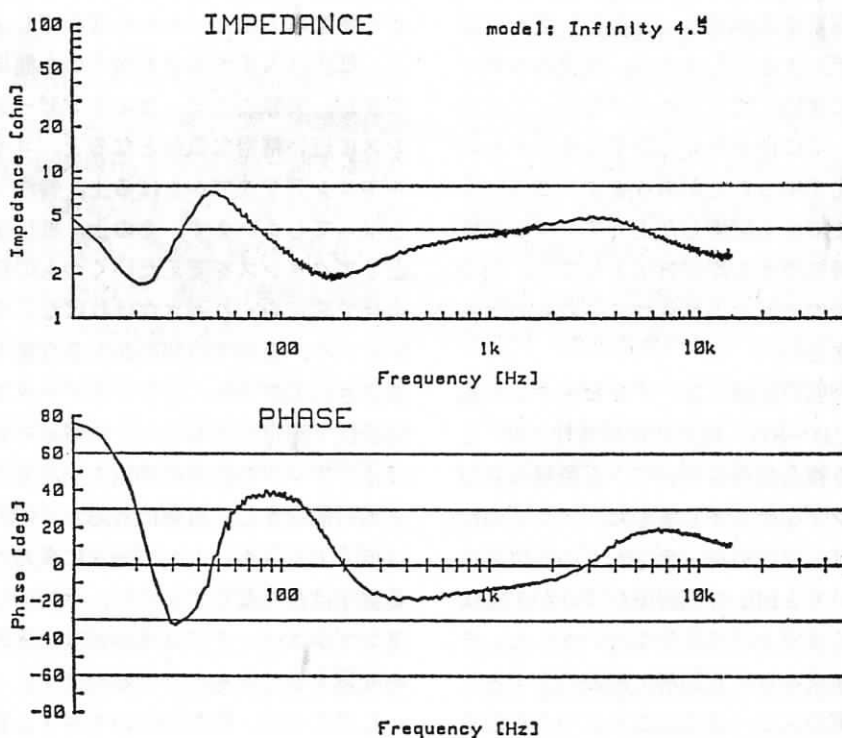
○アンプによっては，ドライブの難かしいスピーカを接続した場合，保護回路が早く作動しすぎたり，誤動作したりすることがある．

○アンプの中には，リアクティブな負荷を接続すると不安定になり，聴感上も明らかな各種の影響を起こすものがある．

これらの問題は，純抵抗を用いた一般の測定方法では，どれひとつとして現われません．そこで「アンプの出力 vs リアクタンス負荷」という測定法を新たに加えることを提案します．

スピーカ・インピーダンスの実情

スピーカにはみな定格インピーダンスが示されており，一般のハイファイ用ではふつう8Ωです．ＩＥＣの基準は，定格周波数帯域内において，インピーダンスが定格値の80％未満に下がってはならない，としています．つまり，ＩＥＣ規格を満足する市販スピーカなら6.3Ωが最低インピーダンスということになるはずです．

ところが，**第1図**に示したように，平均的なスピーカのインピーダンス特性は4Ωまで下がっています．また，過去3年間に日米のオーディオ雑誌でテストされたスピーカ120機種の特性を調べたところ，全体の約60％におよぶスピーカが最低インピーダンス5Ω以下，約25％は4Ω以下を示していました．この25％に含まれるマニア向け超高級スピーカの中には，**第2図**に示すように特に超低域と超高域で2Ω～2.5Ωまで下がってしまうものもいくつか見受けられました．つまり，一般的なハイファイ用スピーカをドライブするには，パワー・アンプは4Ωまでは十分なパワーと低ひずみとを保って動作できなければならないし，超マニア向けスピーカに対処するには2Ωまでの特性が要求されるということになります．

<第1図>　典型的ハイファイ・スピーカのインピーダンスおよび位相角度の実測値．最低インピーダンスは約4Ω，位相変化は+60°から−40°を示している．

<第2図>　典型的超マニア向けスピーカのインピーダンスおよび位相角度の実測値．最低インピーダンスは2Ω以下，位相変化は+80°から−30°を示している．

スピーカの電流位相特性については，その許容範囲をどの程度とするかにとくに基準も業界の慣習も定まっていませんが，前述したオーディオ誌でのテストを見ると，一般のスピーカで±50°，ドライブの難しいスピーカで±60°，超マニア用では±80°に達しています．**第1図**に典型的な市販スピーカ，**第2図**にマニア向けスピーカの位相特性を示しました．

測定方法

市販のスピーカのインピーダンス特性がこのような実状ですから，パワー

ます．

実際の測定方法としては，THDが1％に達するまで出力を上げていき，この時点での出力レベルを記録します．次に負荷インピーダンスの条件を変えて同様に測定します．低インピーダンス負荷で作動させる際には，アンプが過熱しないよう細心の注意を払い，各条件での測定を60秒以内で完了させるようにしました．各々の測定は平均約15秒で終わりましたので，だいたい音楽の大音量部分に相当する時間でした．さらに，負荷条件を変えるごとにアンプを数分間休ませてもいます．

測定結果はコンピュータによって3次元的なパワー・ケイパビリティ・キューブで表現されます（**第3図～第7図**）．負荷インピーダンスと負荷位相は底辺からの角度で表わされ，RMS出力の最大値が縦軸に示されます．理想的なアンプではこの3次元図が立方体となり，負荷のインピーダンスや位相に関係なく最大出力電圧が一定していることを示します．このことは，そのアンプがいかなる負荷であっても同じようにドライブすることができ，負荷のもつキャラクタの影響を受けたり，アンプ自体にそれを取り入れてしまってひずみとして再生したりしないことを意味します．**第3図**に示した特性がほぼ理想に近いものと言えます．

ハイファイ・スピーカでの使用を前提としていないふつうのアンプを，低インピーダンス負荷で長時間動作させると，トランジスタが破壊されることがありますので，このテスト方法を実行する際には注意を要します．

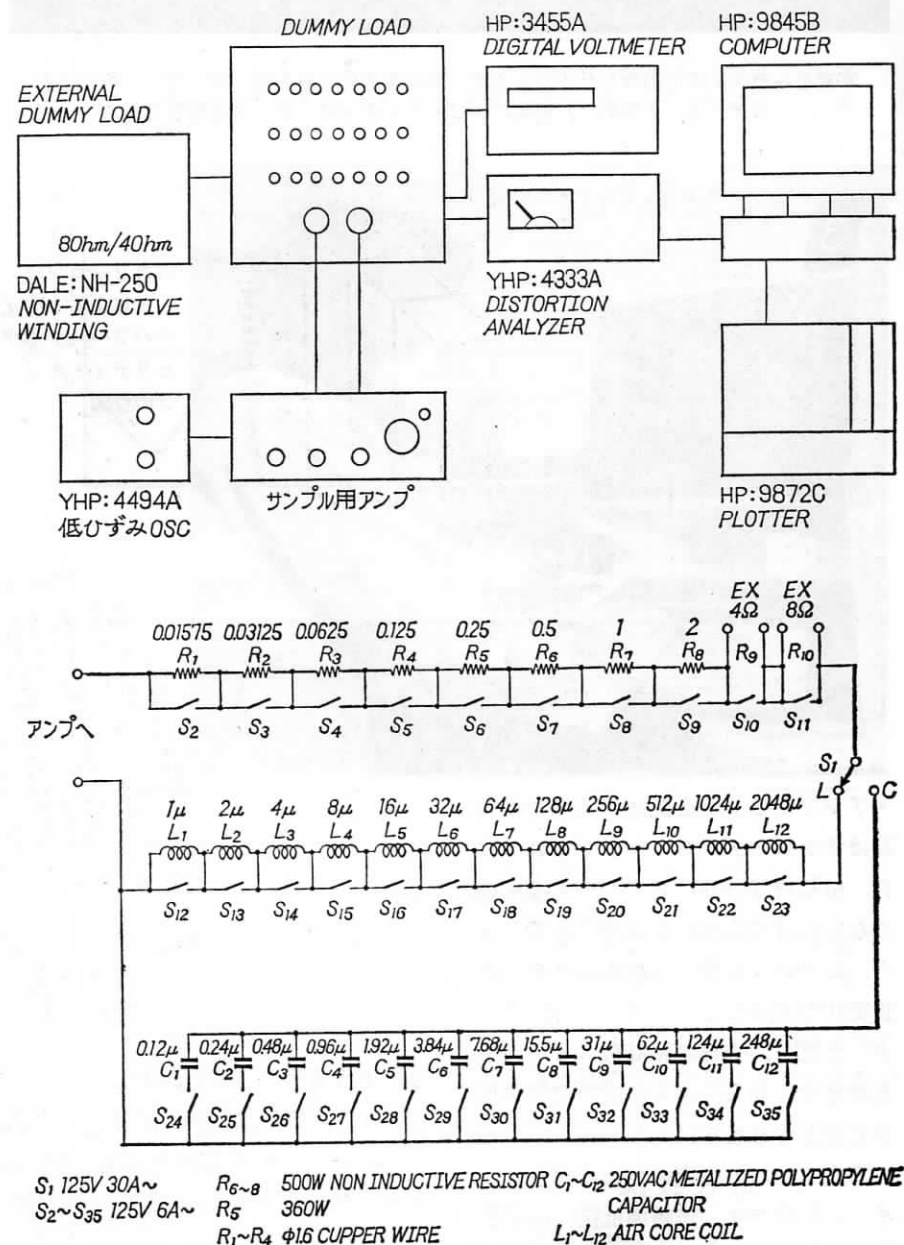
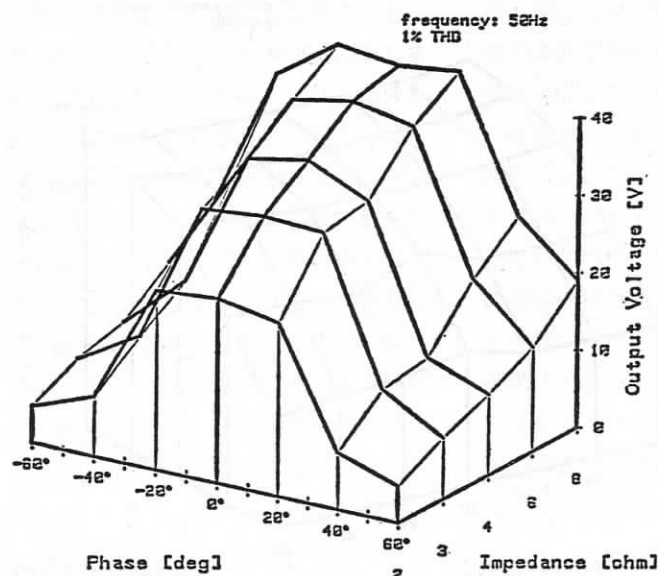
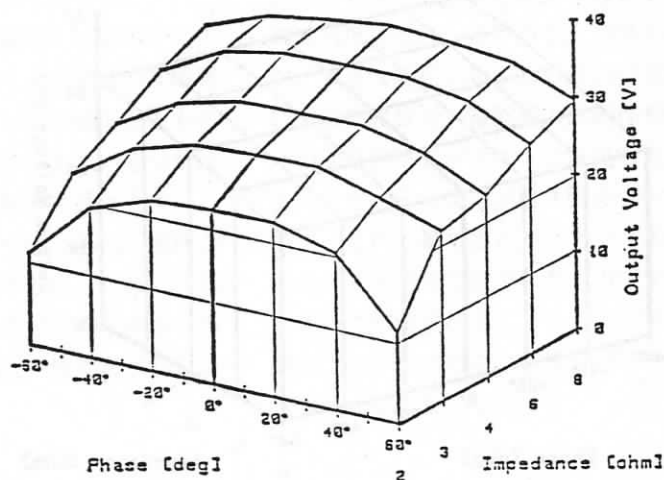
テストに使用したアンプ

中程度の出力をもつ高品質アンプを市販品より5機種選び前述の方法でテストしました．それぞれの定格出力は次のとおりです．

Ⓐ 100W
Ⓑ 100W
Ⓒ 160W
Ⓓ 100W
Ⓔ 120W

本稿の目的は，測定方法の基本を紹介することで，アンプの優劣を示すわけではありませんので，測定結果の順序は上記のものと異なります．

第3図から第7図は1kHzのテスト信号による測定です．5機種中4機種までがインピーダンスの低下とともに出力がかなり下がり，またいくつかは負荷の位相変化の影響を受けやすいことが分かります．そのうちの1機種の結果はあまりにもひどく，これで現実の8Ωスピーカを満足に鳴らせるのか疑問です．理想に近い性能を示したのはⒶだけでした．

このテストは，入力信号の周波数を変えてももちろん行えます．これまでの経験から，アンプの基本的な回路設計がしっかりしていて，部品の配置も正しければ，周波数を変えてもグラフの変化は少ない，ということが言えます．大きな変化が起きるのはふつう低い方の周波数で，電源部の誤動作や種々の回路的細工がテストで露見してしまいます．その典型が**第8図**のアンプです．これは**第7図**と同じアンプを50Hzのテスト信号で測定したものです．負荷の位相がずれると，このアンプは事実上使い物にならないほどパワーが落ち込んでしまっています．

＜付図＞ 測定ブロック図とダミー負荷回路図

<第8図> コード番号5のアンプを50Hzの入力信号で測定した図．このアンプには設計上重要な問題のあることが分かる．同じアンプの1kHz入力での特性は第7図に示した．

<参考図> 第8図のアンプに特殊なチョークを用い電流位相を改善した例．±40° までは著るしい効果が現れている．

これらのグラフを見る際，最大出力の算出については注意が必要です．メーカー公表の定格出力というのは，スペックに示されたひずみ率を保証した出力で，そのひずみ率はだいたい0.01%の近辺です．今回測定を行ったひずみ率は1%ですから，アンプの設計理念の違いによってひずみ率1%と0.01%との間の出力の開きに大きな差があることが分かります．

リアクタンス負荷の提案

以上見てきた結果から，アンプの性能をテストするには一連のリアクタンス負荷を基準として行うことが重要であると言えましょう．定格8Ωのスピーカでの使用を前提とした場合，テストに使う負荷に要求されるインピーダンスおよび位相角度は次のようになります．

インピーダンス	位相角
8Ω	−80°，0°，+80°
4Ω	−60°，0°，+60°
2Ω	−60°，0°，+60°

（ただし2Ωはマニア向け超高級スピーカを対象とした場合のみ）

まとめ

負荷インピーダンスおよび負荷位相の値をいろいろ変えてアンプのひずみを測定してみた結果，次のような結論が得られました．

○スペック上はほとんど同じ性能のアンプでも，実際のスピーカの特性に近い負荷に接続すると非常に異なった反応を示す．

○アンプの動作を左右する最大の要因は多くの場合負荷の位相角である．

○今回の測定中最悪のケースでは，難かしい条件の負荷をある程度以下のひずみでドライブすると，定格100Wのアンプでわずか5Wしか出せないものがあった．

○リアクタンス負荷でのアンプの最大出力は入力信号の周波数に大きく影響されることがある．

以上のことから，アンプの性能テストは，純抵抗ではなく，適切なリアクタンス負荷を用いて行うことをおすすめします． 〔ハーマンカードンジャパン㈱〕

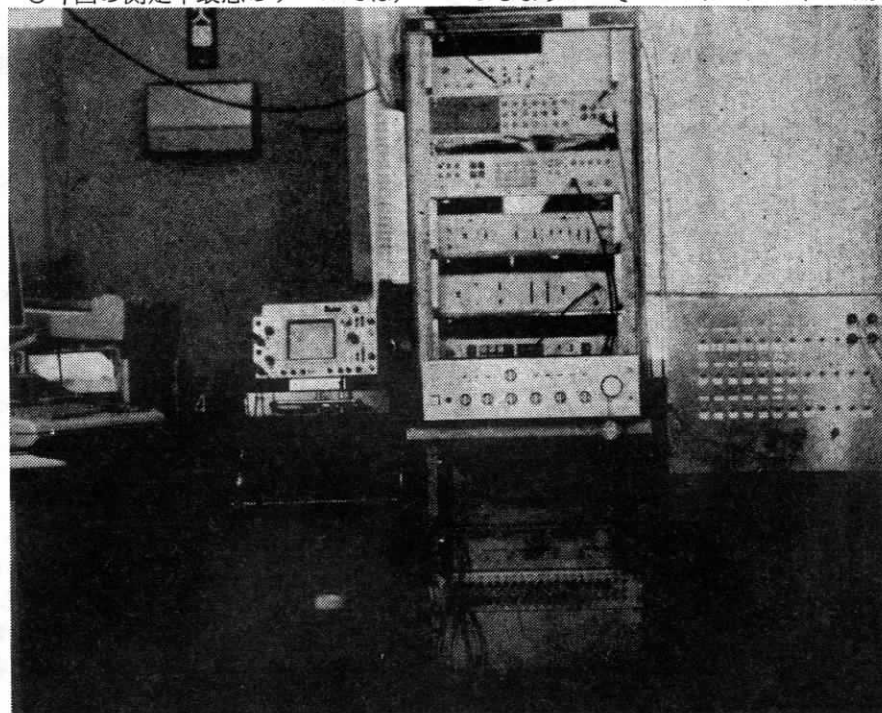



写真3—測定装置一式．右がダミー負荷，テスト中のアンプは中央の台上に見える